

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Филиппов А.В., Проскоков А.В.

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская 26
E-mail: Andrey.V.Filippov@yandex.ru

Основным физическим содержанием процесса резания является пластическое деформирование срезаемого слоя металла в стружку. При изучении этого процесса особую важность имеют экспериментальные методы исследования.

С развитием цифровой оптики и лазерной техники благодаря методам голографической интерферометрии и цифровой спекл-интерферометрии уровень экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния деталей и процессов в машиностроении поднялся на новый уровень.

Исследования процесса стружкообразования при резании металлов, с применением метода цифровой спекл-интерферометрии, проводились в институте физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН г. Томск. О свободное точение дисков из меди М1; сталей 10, 45; сплавов БрАЖ9-4, Д16Т; отрезными резцами – Т5К10 по ГОСТ 18884-73, с передним углом $\gamma=10^\circ$. Регистрирующая аппаратура ИФПМ СО РАН накладывает ограничения на скорость резания, так как каждая перемещающаяся точка деформируемого материала должна оказаться в пределах двух кадров видеозаписи. Поэтому скорость резания при проведении экспериментов составляла 13 мм/мин.

В процессе резания выполнялась видеосъемка, которая фиксировала деформации в зоне стружкообразования (Рис.1). С помощью автоматизированного расчетного комплекса ИФПМ СО РАН в результате получены картины векторных полей

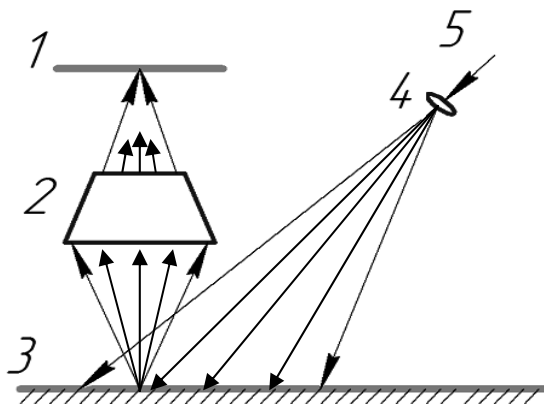


Рис.1. Схема регистрации

спекл-картин: 1 - спекл-картины, 2 - фотообъектив, 3 - объект исследования, 4 - расширитель пучка, 5 - луч лазера.

деформации в зоне резания, показывающие направление и величину вектора перемещения, с выбранным шагом координатной сетки.

Дальнейший анализ позволил получить распределение деформации в зоне стружкообразования при резании меди М1. На Рис. 2 представлены линии равных перемещений, которые позволяют оценить степень деформирования и выделить зону пластического течения материала. Цифрами обозначены величины усредненного значения суммарных перемещений в мкм.

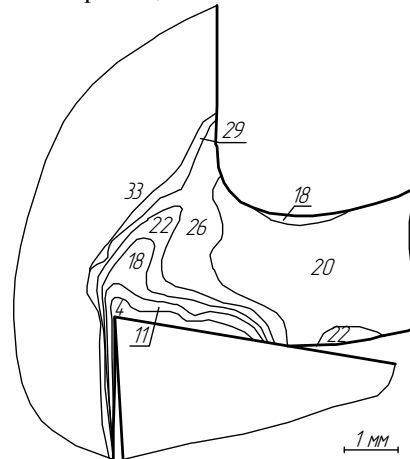


Рис.2. – Распределение зон равных перемещений векторов деформации при резании меди М1 резцом с передним углом $\gamma=10^\circ$.

На Рис.3 показаны линии равных углов вектора деформации деформаций, которые дают представление о напряженном состоянии в исследуемой области.

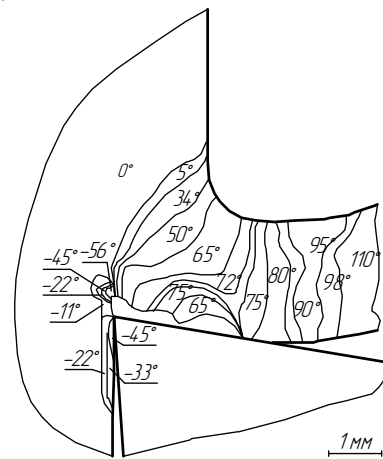


Рис.3. – Распределение зон равного поворота векторов деформации при резании меди М1 резцом с передним углом $\gamma=10^\circ$.

На Рис.4 показаны линии тока, построенные на основе распределения зон равного перемещения и поворота деформируемых точек. Построенные линии показывают направление течения материала и позволяют определить действительную вершину лезвия.

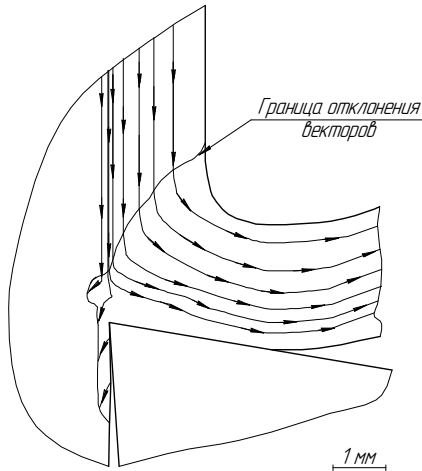


Рис.4. – Линии тока при резании меди М1 резцом с передним углом $\gamma=10^\circ$.

В работе [1] автор для оценки приращения деформаций использует формулы (1-3), которые позволяют привести данные процесса резания к общепринятым параметрам в теории пластичности:

$$\square \epsilon_x = \frac{dh}{dx} \cos \alpha - h \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx}; \quad (1)$$

$$\square \epsilon_y = \frac{dh}{dy} \sin \alpha + h \cos \alpha \frac{d\alpha}{dy}; \quad (2)$$

$$\square \epsilon_y = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{dh}{dx} - h \frac{d\alpha}{dy} \right) \sin \alpha + \left(\frac{dh}{dy} + h \frac{d\alpha}{dx} \right) \cos \alpha \right]. \quad (3)$$

где α – тангенс угла между направлением перемещения точки деформируемого материала и вертикальной осью.

h – расстояние между соседними узлами вдоль траектории движения частиц в процессе деформации.

x, y – проекции перемещения деформируемой точки на соответствующие оси.

Для определения скоростей деформаций при установившемся движении необходимо разделить соответствующие компоненты приращения деформации (формулы 1-3) на время Δt [2]:

$$\dot{\epsilon}_x = \frac{\square \epsilon_x}{\square t}; \quad (4)$$

$$\dot{\epsilon}_y = \frac{\square \epsilon_y}{\square t}; \quad (5)$$

$$\dot{\epsilon}_{xy} = \frac{\square \epsilon_{xy}}{\square t}. \quad (6)$$

Интенсивность скорости деформации получим, используя формулу предложенную автором работы [3]:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\dot{\epsilon}_x - \dot{\epsilon}_y)^2 + \dot{\epsilon}_x^2 + \dot{\epsilon}_y^2 + \frac{3}{2} \dot{\epsilon}_{xy}^2}. \quad (7)$$

Формулы (1-7) являются основными для определения кинематики плоско-деформированного

состояния и определения напряжений в зоне резания.

Из теории пластического течения следует, что направления главных линейных деформаций (приращения деформаций) совпадают с направлением главных нормальных напряжений. Основываясь на этом положении, с использованием экспериментальных данных о перемещениях точек, были построены линии главных нормальных напряжений (Рис.5).

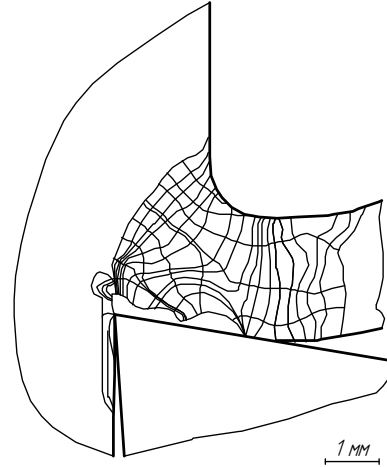


Рис.5. – Линии главных нормальных напряжений при резании меди М1 резцом с передним углом $\gamma=10^\circ$.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) Использование метода спекл-интерферометрии для изучения деформированного состояния зоны резания позволяет повысить точность измерения и снизить трудоемкость обработки экспериментальных данных.

2) Анализ полученных экспериментальных данных показал, что результаты полученные методом спекл-интерферометрии хорошо согласуются с известными положениями теории резания металлов.

3) По полученным данным можно с достаточной точностью определить зону, в которой происходит превращение срезаемого слоя в стружку.

Список литературы

1. Дель Г.Д. Технологическая механика. Москва: изд. Машиностроение, 1978. 174 с.
2. Томсен Э., Янг Ч., Кобаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металлов. Москва: изд. Машиностроение, 1969. 504 с.
3. Гольдшmidt М.Г. Деформации и напряжения при резании металлов. Томск: изд. STT, 2001. 180 с.